

118/723HC  
d 112 4 all



92-1976  
S.T.I.C., TRANSLATIONS BRANCH

02-66167

Mar. 6, 1990

L12: 4 of 37

IONIZATION VAPOR DEPOSITION DEVICE

INVENTOR: TETSUO TAKAHASHI, et al. (6)

ASSIGNEE: TDK CORP, et al. (60)

APPL NO: 63-215391

DATE FILED: Aug. 30, 1988

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

ABS GRP NO: C0722

ABS VOL NO: Vol. 14, No. 246

02-66167

Mar. 6, 1990

L12: 4 of 37

IONIZATION VAPOR DEPOSITION DEVICE

ABS PUB DATE: May 25, 1990

INT-CL: C23C 14\*32

ABSTRACT:

**PURPOSE:** To uniformly generate ions over a wide range and to form a coating film on a large area by arranging plural ~~filaments~~ on a straight line, and enclosing the ~~filaments~~ with an anode in the ion source of the thin ionization vapor deposition device.

**CONSTITUTION:** The ion source arranged at the lower part of a vapor-deposition chamber 2 is formed by the anode 4, plural ~~filaments~~ 5 (cathode), a permanent magnet 15, and a gas supply pipe 7 provided with local openings 6.

02-66167

Mar. 6, 1990

L12: 4 of 37

IONIZATION VAPOR DEPOSITION DEVICE

At this time, the plural ~~filaments~~ 5 are arranged on a straight line, and the anode 4 is arranged to enclose the ~~filaments~~ 5. Gas 14 is supplied from the openings 6 of the gas supply pipe 7, and an electric field E is applied to the ~~filaments~~ 5 to generate a thermoelectron, and a magnetic field H is exerted on the electric field E between the side 4 and the ~~filaments~~ 5 by the permanent magnet 15. In this method, ions are uniformly generated over a wide range, and a film is uniformly formed on a substrate 3.

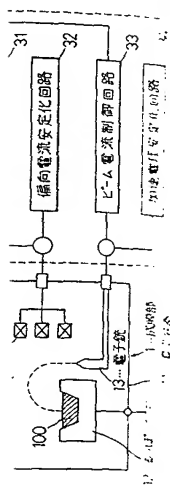
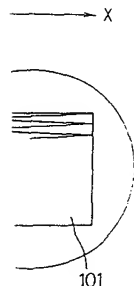


図3



⑩ 日本国特許庁 (J P) ⑪ 特許出願公開  
⑫ 公開特許公報 (A) 平2-66167

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>  
C 23 C 14/32

識別記号 庁内整理番号  
8520-4K

⑥ 公開 平成2年(1990)3月6日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

③ 発明の名称 イオン化蒸着装置

② 特 願 昭63-215391

② 出 願 昭63(1988)8月30日

③ 発 明 者 高 橋 哲 生 東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内  
③ 発 明 者 吉 田 政 幸 東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内  
③ 発 明 者 中 山 正 俊 東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内  
③ 出 願 人 ティーディーケイ株式会社 東京都中央区日本橋1丁目13番1号  
③ 代 理 人 弁理士 村 井 隆  
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

イオン化蒸着装置

2. 特許請求の範囲

(1) アノード及びフィラメントを有するイオン源と、基板等の被成膜物体とを蒸着室内に配置し、前記アノードとフィラメント間の放電作用によりイオンを発生し、電界をかけて前記イオンを被成膜物体側に移動して被成膜物体に蒸着物質を堆積させるイオン化蒸着装置において、前記フィラメントを複数個設け、該複数個のフィラメントを囲む如くアノードを配置したことを特徴とするイオン化蒸着装置。

(2) 前記複数個のフィラメントは一直線上に配置されている請求項1記載のイオン化蒸着装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、電子部品等の表面保護膜、金型等の耐摩耗性保護膜、半導体薄膜等を気相合成法によって成膜するイオン化蒸着装置に関する。

(発明の概要)

本発明のイオン化蒸着装置は、イオン源のフィラメントを複数配置とし、それらのフィラメントを囲む如くアノードを配置して、広い範囲で一様にイオンを発生して広い面積に均一な薄膜を成膜可能としたものである。

(従来の技術)

第6図は従来の気相合成法によるイオン化蒸着装置の1例である。この図において、1Aは内部が蒸着室2Aとなった密閉容器であり、底部の排気口3Aは真空ポンプに接続されて真空排気されるようになっている。

蒸着室2Aの下部には成膜すべきソースガスをイオン化するイオン源が配置され、すなわち、アノード4A、1本のフィラメント(カソード)5A、電磁石6、ガス供給パイプ7Aの1個の開口8Aが配設されている。ガス供給パイプ7Aは密閉容器内部を貫通して外部に引き出されており、これにソースガスが供給される。前記アノード4Aの内部には、アノード及び電磁石冷却のための水冷

用空室15が設けられ、空室内部を冷却水が循環するようにになっている。

前記蒸着室2Aの上部には内部にヒーター11を設けた基板ホルダ12Aが配置され、該基板ホルダ12Aにて被成膜物体としての基板10が保持されている。そして、基板10の前面(下方位置)にはグリッド13Aが配置され、グリッド13Aと前記イオン源との間にシャッター14Aが開閉自在に配置されている。

前記1本のフィラメント5Aにはフィラメント電圧V<sub>i</sub>(交流電圧0~20Vの範囲で調節可能)が供給され、アースレベルのアノード4Aに対するフィラメント5Aの電位を規定するフィラメントバイアス電圧V<sub>d</sub>(直流電圧0~50Vの範囲で調節可能)がフィラメント5Aとアースとの間に印加される。また、フィラメント5Aと基板前面近傍のグリッド13Aとの間にはサブストレートバイアス電圧V<sub>s</sub>(直流電圧0~1000Vの範囲で調節可能)が印加されており、電磁石6にはコイル用電圧V<sub>c</sub>(直流電圧0~15Vの範囲で調節

可能)が供給されている。前記基板ホルダ12Aのヒーター11には加熱用電圧V<sub>h</sub>(交流電圧0~10Vの範囲で調節可能)が供給されている。

以上の第6図の従来例の構成において、磁界B及び電界Eの加わったアノード4Aとカソードとしてのフィラメント5Aとの間にガス供給パイプ7Aを通してソースガス(蒸着物質の原料となる)が導入されると、アノード、フィラメント間にアーク放電が起こり、ソースガスは電離する。そして、シャッター14Aが開いた通常状態では、蒸着物質のイオンはイオン源に対して負電圧にバイアスされたグリッド側、すなわち基板側に引き付けられて基板10の表面に衝突して付着、堆積していく。

(発明が解決しようとする課題)

ところで、第6図の従来例では、安定なアーク放電が維持できる条件でフィラメントは1本だけ取り付けられ、直径1.0mm程度の非常に小面積での成膜に使用するのが一般的であった。そして、アーク放電を維持する条件として、平均自由行程

に大きな影響を及ぼす成膜時のガス圧、フィラメントの長さ、径、フィラメント電圧による熱電子の放出量、フィラメントアノード間の電界と距離、さらには磁束密度等の要因が複雑に絡みあっており、第6図の構成でそのまゝ広い面積にわたり成膜するのは問題があった。

本発明は、上記の点に鑑み、広面積にわたり均一に成膜可能なイオン化蒸着装置を提供することを目的とする。

(課題を解決するための手段)

上記目的を達成するために、本発明は、アノード及びフィラメントを有するイオン源と、基板、部品、金型等の被成膜物体とを蒸着室内に配置し、前記アノードとフィラメント間の放電作用によりイオンを発生し、電界をかけて前記イオンを被成膜物体側に移動して被成膜物体に蒸着物質を堆積させるイオン化蒸着装置において、前記フィラメントを複数個設け、該複数個のフィラメントを囲む如くアノードを配置した構成としている。

(作用)

本発明のイオン化蒸着装置においては、イオン源におけるフィラメントを複数個設け、該複数個のフィラメントを囲む如くアノードを配置し、アノード、各フィラメント間の距離を均一(電界を均一)にして広範囲にわたり一様な放電を発生させ、ひいては広範囲にわたり一様な濃度で蒸着物質のイオンを発生可能である。この結果、基板、部品、テープ等の被成膜物体の広い面積に蒸着物質を付着、堆積させることができる。

(実施例)

以下、本発明に係るイオン化蒸着装置の実施例を図面に従って説明する。

第1図は気相合成法によるイオン化蒸着装置の実施例である。この図において、1は内部が蒸着室2となった密閉容器であり、底部の排気口3は真空ポンプに接続されて真空排気されるようになっている。

蒸着室2の下部には成膜すべきソースガスをイオン化するイオン源が配置され、すなわち、アノード4、複数本のフィラメント(カソード)5、水

## 平2-66167 (2)

基板ホルダ側のヒ  
ト(交流電圧0~10  
V)に接続されている。  
成において、磁界B  
ド4Aとカソードと  
間にガス供給パイプ  
物質の原料となる)  
フィラメント間にア  
スは電離する。そし  
た通常状態では、蒸  
に対して負電圧にバイ  
ス加わって付着、堆積し

題)

列では、安定なアーク  
フィラメントは1本だけ  
程度の非常に小面積で  
であった。そして、  
として、平均自由行程

置においては、イオン  
複数個設計、該複数個  
アノードを配置し、ア  
の距離を均一(電界を  
均一な放電を発生さ  
り一様な濃度で蒸着せ  
る。この結果、基板、  
体の広い面積に蒸着物  
ができる。

## イン化蒸着装置の実施例

るイオン化蒸着装置の  
において、1は内部が蒸着  
あり、底部の排気口3は  
真空排気されるようにな

供すべきソースガスを  
置され、すなわち、ア  
ノード(カソード)5、カ

久磁石15、ガス供給パイプ7の複数個の開口8  
が配設されている。ガス供給パイプ7は密閉容器  
底部を貫通して外部に引き出されており、これに  
ソースガスが供給される。フィラメント5は電流  
を流し、発熱させて熱電子を発生するためのもの  
であり、アノード4はフィラメント5に対して正  
の電位を持つように設定される。また、永久磁石  
15はソースガスを効率的にイオン化するために  
配置されるものであり、第1図に示したようにア  
ノード-フィラメント間の電界Eに垂直な向きの  
磁界Bをかけてフィラメント5から発生する熱電  
子を捕獲するようにする。

ここで、アノード4、複数本のフィラメント5、  
永久磁石16の配置は、第2図に示すようにア  
ノード4に対して各フィラメント5を平行に並べた  
平行形配置であり、複数本のフィラメント5は一  
直線上に配置され、均一な放電を得るためにア  
ノード4はこれらの複数本のフィラメント5を等距  
離(放電距離一定、電界分布一定)で囲む如く配置  
される。さらに、永久磁石16はアノード4の外

前記蒸着室2の上部には第1図の如く内部にヒ  
ーター11を設けた基板ホルダ12が配置され、  
該基板ホルダ12にて被成膜物体としての基板1  
0が保持されている。そして、基板10の前面(下  
方位置)には負のバイアス電圧によりイオンを引  
き付けるためのグリッド13が配置され、グリッ  
ド13と前記イオン源との間にシャッター14が  
開閉自在に配置されている。

複数本のフィラメント5が並列接続された一対  
の導体棒20A、20B間にはフィラメント電圧  
V<sub>f</sub>(交流電圧0~200Vの範囲で調節可能)が供  
給され、アースレベルのアノード4に対するフィ  
ラメント5の電位を規定するフィラメントバイア  
ス電圧V<sub>d</sub>(直流電圧0~1000Vの範囲で調節可  
能)がフィラメント5とアースとの間に印加され  
る。また、フィラメント5と基板前面近傍のグリッ  
ド13との間にはサブストレートバイアス電圧  
V<sub>s</sub>(直流電圧0~1000Vの範囲で調節可能)  
が印加される。さらに、前記基板ホルダ側のヒ  
ーター11には加熱用電圧V<sub>h</sub>(交流電圧0~10

## 特開平2-66167 (3)

額を囲む如く配設されている。前記アノード4の  
内部には、第1図に示した如くアノード及び永久  
磁石冷却のための水冷用空洞15が設けられ、空  
洞内部を冷却水が循環するようになっている。

第3図のように、一対の太い銅等の導体棒20  
A、20Bが平行配置され、導体棒20Aに複数  
本のフィラメント支持用導体棒21Aが連結固定  
され、これと対をなす複数本のフィラメント支持  
用導体棒21Bが導体棒20Bに連結固定されて  
いる。そして、各フィラメント5は対をなすフィ  
ラメント支持用導体棒21A、21B間に接続さ  
れ、それぞれ一対の導体棒20A、20B間に電  
気的に並列接続されることになる。前記アノード  
4の右端には水冷用空洞15に連通する冷却水供  
給パイプ22が、左端には冷却水排出パイプ23  
が接続されている。

なお、第1図に示す如く、ガス供給パイプ7の  
各開口8はそれぞれのフィラメント5の中間部の  
下方に位置し、各フィラメント5に対して均一に  
ソースガスを供給可能としている。

Vの範囲で調節可能)が供給されている。

以上の実施例の動作をソースガスとしてCH<sub>4</sub>、  
ガスを使用し、フィラメント5としてタングステ  
ンフィラメントを用いて基板10に硬質炭素膜を  
成膜する場合で説明する。まず、蒸着室2内を高  
真空排気系を使って10<sup>-4</sup>Torr以下まで排気し  
た後、タングステンフィラメントに電圧を印加し  
て熱電子が放出される温度(2100℃以上)にま  
で昇温させる。次に、硬質炭素膜のソースガスと  
してCH<sub>4</sub>ガスをガス供給パイプ7の各開口8よ  
り導入し、ガス圧0.07~1.10Torr付近  
に設定する。その後、フィラメント5がカソード  
となるようにフィラメントに負のバイアス電圧を  
印加する。この時、フィラメント5とアノード4  
との間にアーク放電が観察される。そして、予め  
400℃程度に加熱されている基板10にグリッ  
ド13部分を通して負のバイアス電圧(約500  
V)を印加し、イオン源で発生させたCH<sub>4</sub>・イ  
オン等を引き付けて基板表面に炭素膜を堆積させ  
(CH<sub>4</sub>は基板に衝突して分解しC膜が生成す

る。)。成膜された炭素膜は約 $20\mu\text{m}\times 100\mu\text{m}$ でピッカーズ程度 $Hv=5000$ (最大 $8000$ )程度のものが均一に得られている。

第4図は本発明の他の実施例を示す。この実施例のイオン源の構造は前述の実施例の場合と同じである。但し、第4図ではフィラメント5は断面に垂直な方向に複数個配列されている。また、蒸着室2の上部位置には、被成膜物体としての基板の代わりに磁気テープ30を走行させる機構が配設されている。すなわち、供給リール31より繰り出された磁気テープ30はガイドローラー32でグリッド13の上方の蒸着位置に導かれ、さらに巻き取りローラー33で巻き取られるようになっている。その他の機構部分やバイアス電圧の印加は第1図と同様で良い。

第4図の他の実施例の場合も、ソースガスとして $\text{CH}_4$ を使用した同様の動作により、磁気テープ表面に表面保護膜としての硬質炭素膜を連続的に形成できる。

第5図は実施例で使用可能なイオン源の他の具

体例であり、アノード4、複数本のフィラメント5、永久磁石16の配置は、個々のフィラメント5をアノード4が円弧面17で包囲した包囲形配置であり、各フィラメント5は一直線上に配置され、均一な放電を得るためにアノード4の円弧面の中心部に各フィラメント5が配置され、それぞれのフィラメントとアノード円弧面との間を等距離(放電距離一定、電界分布一定)にしている。さらに、永久磁石16はアノード4の外側を囲む如く配設されている。

なお、被成膜物体の種類によっては基板ホルダの加熱手段を省略できる。

(発明の効果)

以上説明したように、従来の技術では小面積(従 $10\mu\text{m}$ 程度)での成膜が一般的であり、膜の利用法が限定されていたが、本発明のイオン化蒸着装置によれば、フィラメントを複数配置とし、これに对应させてアノードの面積も増加させて広範囲にわたり均一なイオンを発生可能であり、広い面積を均一に成膜可能である。また、被成膜物体を

搬送することにより、無限に長く成膜を継続することも可能となる。

本発明の装置は、成膜の大面积化によって基板、テープの他に、ハードディスク等の電子部品の表面保護膜、金型等の耐摩耗性保護膜の成膜等への利用を図ることができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係るイオン化蒸着装置の実施例を示す正断面図、第2図は実施例で用いるイオン源におけるフィラメント、アノード及び永久磁石の配置を示す平面図、第3図はイオン源のフィラメントが並列配置されている状態を示す平面図、第4図は本発明の他の実施例を示す正断面図、第5図は実施例で使用可能なイオン源の他の具体例の平面図、第6図は従来のイオン化蒸着装置の正断面図である。

1,1A…蒸着容器、2,2A…蒸着室、3,3A…排気口、4,4A…アノード、5,5A…フィラメント、7,7A…ガス供給パイプ、8,8A…開口、10…基板、12,12A…基板ホルダ、

13,13A…グリッド、16…永久磁石。

特許出願人

ティーディーケイ株式会社

代理人 井理士 村井 隆

-66167 (4)

のフィラメント  
のフィラメント  
四した包囲形配  
直線上に配置さ  
ード4の円弧面  
置され、それ  
面との間を等距  
にしている。そ  
の外側を囲む如

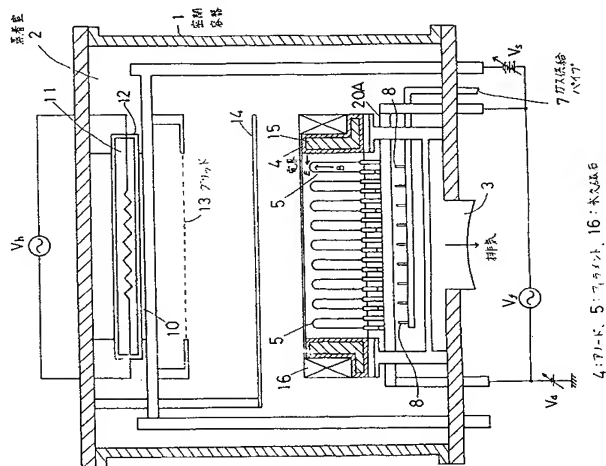
ては基板ホルダ

技術では小面積(往  
あり、膜の利用  
ワイオン化蒸着装  
放配置とし、これ  
増加させて広範囲  
能であり、広い面  
た、被成膜物体を

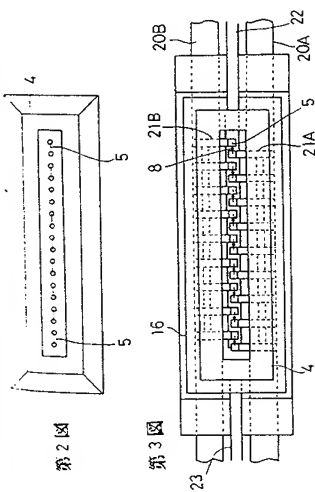
・永久磁石。

式会社  
隆

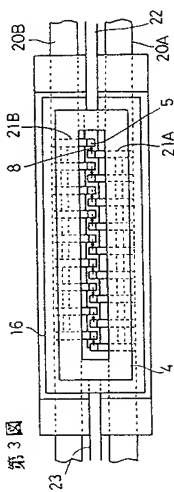
第1図



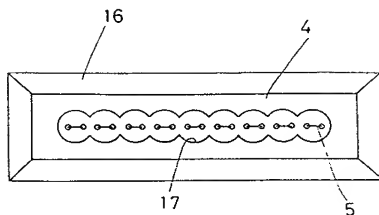
第2図



第3図



第5図



PTO 92-1976

Japanese Kokai Patent Application

No. Hei 2[1990]-66167

IONIZATION VAPOR DEPOSITION DEVICE

Tetsuo Takahashi et al

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

WASHINGTON, D.C.

MAY, 1992

Code: PTO 92-1976

## JAPANESE PATENT OFFICE

KOKAI PATENT APPLICATION NO. HEI 2[1990]-66167

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| Int. Cl.5                     | C 23 C 14/32         |
| Sequence Nos. for Office Use: | 8520-4K              |
| Application No.:              | Sho 63[1988] -215391 |
| Application Date:             | August 30, 1988      |
| Publication Date:             | March 6, 1990        |
| Number of Inventions:         | 2 (Total of 7 pages) |

## IONIZATION VAPOR DEPOSITION DEVICE

[Ionkajochakusouchi]

|            |                         |
|------------|-------------------------|
| Inventors: | Tetsuo Takahashi et al. |
| Applicant: | T.D.K.                  |

Claim

1. An ionization vapor deposition device in which both the ion source, with both anode and filaments; and the material to be coated with a film are placed; in which ions are generated between the above-mentioned anode and filaments by discharge; and in which the above-mentioned ions are transported to the material by an electric field for the purpose of vapor deposition;



characterized by placing several of the above-mentioned filaments and arranging the anode around the filaments.

2. An ionization vapor deposition device described in Claim 1 in which the above-mentioned several filaments are arranged in a straight line.

#### Detailed Explanation of the Invention

Industrial applications filed

This invention is concerned with an ionization vapor-deposition device used to form the following films: surface protection films for electronic parts, abrasion-resistant protection films for moldings, and semiconductor thin films by vapor phase synthesis.

#### Summary of the Invention

This invention's ionization vapor-deposition device contains several filaments placed in the ion source and has an anode located around the filaments for the purpose of uniformly generating ions over a wide range to form a uniform thin film.

#### Prior techniques

Figure 6 is an example of an ionization vapor-deposition device used for the method of vapor synthesis. In the figure, 1A is a sealed container 1 that includes a vapor deposition chamber

2A and has an exhaust exit 3A in the bottom, which is connected to a vacuum pump for the purpose of vacuum exhaust.

The ion source used for the ionization of the source gas used for film formation is placed in the bottom of the vapor-deposition chamber 2A. The following: anode 4A, 1 filament (cathode) 5A, permanent magnet 6, 1 opening 8A of gas supply pipe 7A, are arranged. The gas supply pipe 7A protrudes through the bottom of the sealed container and the source gas is run through pipe 7A. A hole 15 for cooling water is made inside the above-mentioned anode 4A for cooling both the anode and the permanent magnet, and cold water is circulated in the hole.

A substrate holder 12A with a heater 11 is placed in the top of the above-mentioned vapor-deposition chamber 2A; the substrate 10, which is the material to be coated with the film, is supported by the substrate holder 12A. A grid 13A is placed in front of the substrate 10; a shutter 14A is placed between the grid 13A and the above-mentioned ion source; the shutter 14A can be opened and closed.

A filament voltage  $V_f$  (adjustable in the range of 0 to 20 volts of alternating current voltage) is supplied to the above-mentioned filament 5A; a filament bias voltage  $V_d$  (adjustable in the range of 0 to 50 V of direct current voltage), controlling the electric potential between the filament 5A and the anode 4A (ground), is impressed between filament 5A and ground. A substrate bias voltage  $V_s$  (adjustable in the range of 0 to 1000 V of direct current voltage) is impressed between filament 5A and grid 13A located near the front of the substrate; a coil voltage  $V_c$  (adjustable in the range of 0 to 15 V of direct current

voltage) is supplied to the permanent magnet 6. A heating voltage  $V_h$  (adjustable in the range of 0 to 10 V of alternating current voltage) is supplied to the heater 11 located on the side of the above-mentioned substrate holder.

The source gas (raw material for vapor deposition) is introduced through the gas supply pipe 7A between the anode 4A that experiences magnetic field B and electric field E and the cathode that is filament 5A (Figure 6); an arc discharge is generated between the anode and the filament, and the source gas is electrolytically disassociated. When the shutter 14A is open (the shutter is usually open), ions of the substance to be vapor deposited move to the grid side, which is the same as the substrate side and which is impressed with a negative voltage to bias the ion source, strike the surface of substrate 10, adhere and are deposited.

#### Problems to be solved by the invention

Only one filament was used in the old example device of Figure 6 in order to maintain a stable arc discharge, one filament is usually used to form a film whose surface area is very small (diameter of about 10 mm). The arc discharge was maintained under the following conditions: a given gas pressure used to form the film and influence the mean free path; a given length of filament, a given diameter of the filament, a given amount of thermal electron discharge due to the filament voltage, a given electric field and a given distance between the filament and the anode, given the magnetic flux density. Therefore, the

device of Figure 6 was disadvantageous when used to form a film whose surface area was large.

The purpose of this invention is to provide an ionization vapor-deposition device that can be used to uniformly form a film whose surface area is large.

#### Method to solve the problems

In order to achieve the above-mentioned purpose, this invention is an ionization vapor-deposition device in which the ion source, the anode, filament, and the material to be coated with the film, e.g., substrate, part, or molding, are placed; ions are generated by creating a discharge between the above-mentioned anode and filament. The ions are transported to the sides of the material to be coated by the film in order to vapor-deposit the material; the above-mentioned (several) filaments are placed in the device and an anode is arranged around the filaments.

#### Effect

Several filaments are placed in the ion source of this invention's ionization vapor deposition device and the anode is arranged around the filaments; the distance between the filaments is adjusted to be uniform (the electric field is adjusted to be uniform) in order that the discharge be uniform over a large area and in order to uniformly generate ions of the vapor-deposited material over a large area. Therefore, vapor deposition can be

performed over a large area of the material to be coated with the film, e.g., substrates, parts, or tapes.

#### Application examples

In the following, application examples for the ionization vapor deposition device of this invention are described with figures.

Figure 1 is an application example of an ionization vapor-deposition device for vapor phase synthesis. In the figure, 1 is a sealed container that includes a vapor deposition chamber 2 inside; an exhaust exit 3 located at the bottom of the container is connected to a vacuum pump for the purpose of vacuum exhaust.

The ion source ionizing the source gas used for film formation is located in the bottom of the vapor deposition chamber 2. The following: anode 4, several filaments (cathode) 5, permanent magnet 15, several openings 8 of the gas supply pipe 7, are arranged. The gas supply pipe 7 protrudes through the bottom of the sealed container and the source gas is run through the pipe. The filaments 5 are used to run electric current, generate heat, and generate thermal electrons. The anode 4 has a positive potential relative to the filaments 5. The permanent magnet 15 is used for efficient ionization of the gas source. As seen in Figure 1, the magnetic field B is perpendicular to the electric field E between the anode and the filaments; this is so that the thermal electrons generated from the filament 5 are caught.

As shown in Figure 2 for the anode 4, the several filaments 5 and the permanent magnet 16, the several filaments 5 are parallel to the anode 4 (parallel alignment) and the several filaments 5 are arranged in a straight line; the anode is arranged around the several filaments 5 at a fixed distance (fixed discharge distance, fixed electric field distribution). The permanent magnet 16 is arranged around the outside of the anode 4. The above-mentioned anode 4 has individual water-cooling holes 15, which are made to cool the anode and the permanent magnet internally, as seen in Figure 1; this results in cooled water inside the holes.

As seen in Figure 3, a pair of thick conductive bars 20A and 20B, e.g., copper bars, are arranged in a parallel manner. A conductive bar 21A supporting several filaments is joined to the conductive bar 20A. A conductive bar 21B, which forms a pair with conductive bar 21A and supports several filaments, is joined to conductive bar 20B. The individual filaments 5 are fixed between the conductive bars 21A and 21B, which means that they are electrically fixed so as to be parallel to bars 20A and 20B. To the right side of the above-mentioned anode 4, a cooled water supply pipe 22 connects to the water-cooling holes 15; to the left side of the anode 4 is located a cooled water drain pipe 23.

As seen in Figure 1, the individual openings 8 of the gas supply pipe 7 are located in the center below the individual filaments 5; this results in an even supply of the source gas to the individual filaments 5.

As seen in Figure 1, a substrate holder 12 containing a heater 11 is placed in the top of the above-mentioned vapor

deposition chamber 2; the substrate 10, which is the material to be coated with the film, is supported by the substrate holder 12. A grid 13 that attracts the ions by means of a negative bias voltage is placed in front of the substrate 10 (below) and a shutter 14 is placed between the grid 13 and the above-mentioned ion source; the shutter can be opened and closed.

The filament voltage  $V_f$  (adjustable in the range of 0 to 20 V of alternating current voltage) is impressed between the pair of conductive bars 20A and 20B, to which several filaments 5 are joined so as to be parallel; the filament bias voltage  $V_d$  (adjustable in the range of 0 to 100 V of direct current voltage), which determines the potential of the filaments 5 to the anode 4 (ground), is impressed between the filaments 5 and the grounding. The substrate bias voltage  $V_s$  (adjustable in the range of 0 to 1000 V of alternating current voltage) is impressed between filaments 5 and grid 13 located near the front of the substrate. The heating voltage  $V_h$  (adjustable in the range of 0 to 10 V of alternating current voltage) is impressed on the heater 11 located on the side of the above-mentioned substrate holder.

The operation of the application example device is explained with the example case of forming a hard carbon film on the substrate 10 using tungsten filaments for the filaments 5. After adjusting the vapor deposition chamber 2 to  $10^{-6}$  torr or less by exhausting with a high vacuum exhaust system, the tungsten filaments were impressed with a voltage and the temperature was increased (to 2100°C or higher) to release the thermal electrons. Then  $CH_4$  gas, which was used for the source gas for the hard

carbon film, was separately introduced through the opening 8 of the gas supply pipe 7 so that the gas pressure was about 0.07 to 0.10 torr. Then, a negative bias voltage was impressed on the filaments to make the filaments 5 cathodic, when an arc discharge was observed between the filaments 5 and the anode 4. A negative bias voltage (around 500 V) was impressed on the substrate 10, which was preheated to about 400°C, through grid 13.  $\text{CH}_4^+$  ions, generated in the ion source were attracted to make a carbon film deposition on the surface of the substrate ( $\text{CH}_4$  struck the substrate and decomposed, resulting in the production of a C film). A uniform carbon film (about 20 mm x 100 mm) having a Vickers hardness  $H_v = 5000$  (maximum 8000) was formed.

Figure 4 shows another application example of this invention. The same ion source as in the previous application example was used for this application example. However, the filaments 5 were vertically aligned on a paper surface, as shown in Figure 4. Instead of a substrate as the material to be coated with the film, a mechanism for running a magnetic tape 30 was placed at the top of the vapor deposition chamber 2. Therefore, the magnetic tape 30 coming out of a supply reel 31 was led to the deposition location, located above the grid 13, by a guide roller 32, then wound with a winding roller 33. The same mechanism as in Figure 1, aside from the above-mentioned mechanism, was used, and the same bias voltage was impressed.

$\text{CH}_4$  gas was also used in the same operation for the other application example of Figure 4; this resulted in continuous formation of a hard carbon film that was used for a surface protection film for the magnetic tape.



Figure 5 is another detailed example of an ion source that can be used for the application example. As for the arrangement of anode 4, several filaments 5, and a permanent magnet 16, the individual filaments 5 were surrounded by an anode 4 making an arc surface 17. The individual filaments 5 were arranged in a straight line; the filaments 5 were in the center of the arc surface of the anode 4 in order to permit even discharge. The distances between the individual filaments 5 and the arc surface of the anode 4 were uniform (fixed discharging distance, fixed electric field distribution). The permanent magnet 16 was arranged outside of anode 4.

Some materials to be coated with films located on the side of the substrate holder do not need to be heated, depending on the type of material.

#### Effect of the invention

Although the old film formation could be performed over small surface areas (diameters of about 10 mm) and for limited film applications, film formation using this invention's ionization vapor-deposition device can be performed uniformly over large surface areas because several filaments and an anode are arranged over a larger area; this results in uniform generation of ions over a large area. Film formation can be continued as long as needed by moving the materials to be coated with the film.

This invention's device can be used to form surface protection films for electronic parts such as substrates, tapes

or hard disks, and to form abrasion-resistant protection films for moldings. Film formation can be performed over a large area.

Brief explanation of the figures

Figure 1 is a cross section of the invention's ionization vapor deposition device illustrating an application example. Figure 2 is a plane view showing the filaments, anode, and permanent magnet in the ion source used for an application example. Figure 3 is a plane view showing parallel arrangement of the filaments of the ion source. Figure 4 is a cross section showing another application example of this invention. Figure 5 is a plane view showing another ion source that can be used for this invention. Figure 6 is a cross section of the old ionization vapor deposition device.

1, 1A - sealed container, 2, 2A - vapor deposition chamber, 3, 3A - exhaust exit, 4, 4A - anodes, 5, 5A - filaments, 7, 7A - gas supply pipe, 8, 8A - openings, 10 - substrate, 12, 12A - substrate holder, 13, 13A - grid, 16 - permanent magnet.

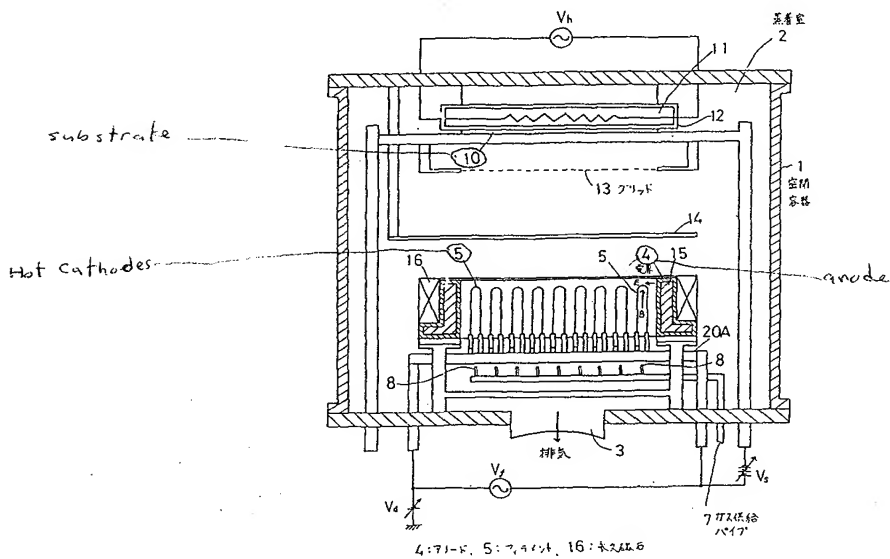


Figure 1

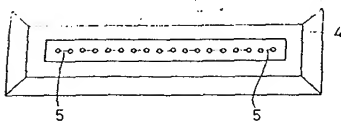


Figure 2

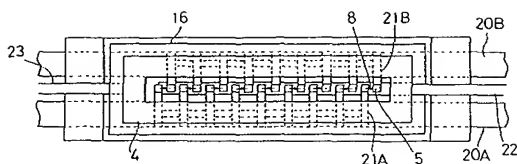


Figure 3

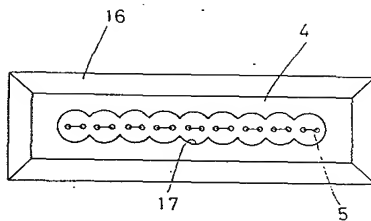


Figure 5